

Contribution à l'étude biochimique des caryopses du genre *Stipa* L. (*Gramineae*)

P. J. L. BOURREIL, C. GHIGLIONE, M. GIRAUD, E. M. GAYDOU & J. VIANO

Résumé : Le point sur les teneurs en amino-acides des caryopses du genre *Stipa* est réalisé à partir de résultats antérieurs et de ceux concernant les espèces *S. bromoides*, *S. capensis*, *S. capillata*, *S. offneri* et *S. pennata* récoltées en France méridionale. Pour l'essentiel, les teneurs en résidus d'arginine, opposent la tribu des *Stipeae* à celle des *Aristideae* confirmant leur éloignement phylogénétique démontré par la structure de l'embryon. Les *Stipa* sont même de typiques graminées de pâturage des principaux continents et sont consommables soit à l'état végétatif, soit quand les panicules sont exsertes et, le plus souvent, avant la maturité des diaspores où les caryopses, en cours de maturation, apportent un supplément d'acides aminés améliorant la valeur alimentaire des pousses.

Summary : A survey on amino acid contents of caryopses belonging to *Stipa* genus, has been undertaken using earlier published results and those relative to *S. bromoides*, *S. capensis*, *S. capillata*, *S. offneri* and *S. pennata* species, collected in South part area of France. The arginin content oppose the *Stipeae* tribe to that of *Aristideae*, in agreement with their phylogenetic distance, which is demonstrated by embryo structure. *Stipeae* are typical pasture grasses of the main continents and are edible, either in the vegetative form or when panicles are exserted and above all before diaspores maturity and ripening of caryopses which bring an amino acid supplement and improve the nutritional value of shoots.

Pierre J. L. Bourreil, Emile M. Gaydou et Josette Viano, Laboratoire de Phytochimie, Faculté des Sciences et Techniques de St Jérôme, Université d'Aix-Marseille III, 13397 Marseille Cedex 13, France. Claude Ghiglione et Marie Giraud, Laboratoire de Chimie Organique et Diététique, Faculté de Pharmacie, Université d'Aix-Marseille II, 13385 Marseille Cedex 4, France.

I. INTRODUCTION

Les recherches et discussions que nous présentons concernent les tribus des *Stipeae* et des *Aristideae*. Selon HUBBARD (1960), la tribu des *Aristideae* englobe les genres *Aristida* et *Stipagrostis*. Avec DE WINTER (1965), nous y ajoutons le genre *Sartidia* au sujet duquel nous avons apporté notre contribution (BOURREIL, 1967). DUMORTIER (1823) traite de manière originale de la tribu des *Stipeae*. En s'inspirant de TSVELEV (1983) et de BARKWORTH & EVERETT (1987), il est possible de recenser au sein de cette tribu une douzaine de genres, à savoir *Aciachne*, *Achnatherum*, *Eriocoma*, *Lorenzochloa* (syn. *Parodiella*), *Nassella*, *Orthachne*, *Orthoraphium*, *Piptatherum*, *Piptochaetium*, *Ptilagrostis*, *Stipa* (le plus représentatif de la tribu par le nombre d'espèces décrites) et *Trikeria*.

A partir d'échantillons de 5 espèces végétales, récoltés en France méridionale, les résultats mentionnés ici sont d'abord une contribution à l'étude des amino-acides des caryopses du genre *Stipa*. Ensuite, les diagnoses biochimiques de ce genre et de la tribu des *Stipeae* sont présentées sous forme de paramètres des teneurs de 17 des principaux amino-acides, en utilisant les données de base de SEMIKHOV et al. (1978). Enfin, ayant développé des recherches sur la valeur alimentaire des pâturages de la région PACA (BOURREIL et al., 1992), nous nous intéressons plus particulièrement à la valeur protéinique des fruits de *Stipa*, puisque leurs panicules peuvent être consommées par les herbivores quand les diaspores sont mûres (*S. bromoides*) ou le plus souvent avant leur maturation (autres espèces).

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les déterminations des espèces ont été réalisées à partir de l'analyse des travaux de BREISTROFFER (1963) et KERGUELEN (1975, 1993), des flores de COSTE (1937), FOURNIER (1977), GUINOCHET & VILMORIN (1978) et de Flora Europaea (1980).

Les panicules fructifères de *Stipa* ont été récoltées par P. J. L. BOURREIL au cours de missions effectuées de Mai à Octobre, en 1975 et 1976 dans les stations suivantes :

Stipa bromoides (L.) Dörf. : (a), à 2-3 km à l'Est d'Aups (Var), 5.X.1975 ; (b), à une quinzaine de km au N. E. de Ste Maxime, sous les chênes lièges (Var), 29.IX.1975.

Stipa capensis Thunb. : environs de la gare de Ponteau (Bouches-du-Rhône), 6.VI.1976.

Stipa capillata L. : forêt de la Gardiole (Var), 20.IX.1975.

Stipa offneri Breistr. : (1), Corbières (Aude), 29.V.1975 ; (2), Notre-Dame des Anges (Bouches-du-Rhône), 20.VI.1975 ; (3), St Pilon, massif de la Ste Baume (Var), 4.VII.1975 ; (4), Petit Luberon (Vaucluse), 24.VI.1975 ; (5), Mt Ventoux (Vaucluse), 24.VI.1975.

Stipa pennata L. : (1), environs de Brovès (Var), 18.VII.1975 ; (2), environs de Puits de Rians (Var), 19.VII.1975 ; (3), plan d'Aups, à proximité de l'hôtellerie de la Ste Baume (Var), 25.VII.1975 ; (4), Petit Luberon (Vaucluse), 24.VI.1975.

Les lots de diaspores de référence (lemme + caryopse) ont été déposés au laboratoire de Phanérogamie (P).

En prévision de l'étude des amino-acides, les diaspores ont été conservées dans des petits piluliers en verre, à l'abri de la lumière et au réfrigérateur, à la température de 5°C. Les analyses biochimiques ont été réalisées en 1980 au laboratoire de Chimie organique de la Faculté de Pharmacie de Marseille.

Pour les prises d'essai, les quantités de caryopses varient entre 25 et 135 mg. Les amino-acides totaux des caryopses sont obtenus par hydrolyse chlorhydrique de 10 ml de HCl 6N (120°C, tube scellé sous vide partiel, 18h). Ils sont analysés au moyen de l'auto-analyseur «Technicon» (chromobeads A, 21 µm ; colonne 140 × 0,65 cm ; 60°C, la norleucine étant l'étalon interne).

Pour d'autres indications concernant ce paragraphe, nous renvoyons à l'article de BOURREIL et al. (1991).

III. EXPLOITATION DES RÉSULTATS

TENEURS DES CARYOPSES EN AMINO-ACIDES, EXPRIMÉES EN RÉSIDUS POUR 100 RÉSIDUS

1. PRÉAMBULE

Les résidus correspondant aux molécules d'acides aminés reliés les uns aux autres par la liaison peptidique (-CO-NH-) au niveau des chaînes polypeptidiques, il est clair que les acides aminés libres du caryopse parvenu au terme de sa maturation sont considérés comme quantité négligeable. En effet, à défaut de données comparatives portant sur les Graminées, l'exemple d'une Cupressacée permet d'illustrer cette affirmation. A partir d'une étude réalisée sur des échantillons de provenances diverses, DURZAN & CHALUPA (1967) étudient les teneurs en acides aminés liés et libres de l'endosperme et de l'embryon de graines de *Pinus banksiana*. D'après leurs données, il est possible de calculer pour l'ensemble endosperme-embryon, que les proportions en Leu lié sont, pour 4 stations, de 526 à 1653 fois plus fortes qu'en Leu libre. Pour Ala lié, ces proportions sont de 74 à 229 fois plus élevées. Si des décimales de résidus (cf. Tableaux 1 à 5) ne correspondent à aucune réalité physique, cette ambiguïté est levée par transposition des teneurs en $r / 10000 r$. Finalement, dans le cadre de recherches taxonomiques, il nous paraît plus parlant de comparer des nombres de résidus que de procéder à une comparaison pondérale relative à l'un ou l'autre des acides aminés.

2. COMPARAISON DE *STIPA OFFNERI* ET *STIPA PENNATA*

Sur la base de respectivement 5 et 4 séries de données concernant chacun des 17 acides aminés communs étudiés à partir des caryopses de *S. offneri* et *S. pennata* (cf. Tableaux 2 et 3), le test $u = |\bar{x}_1 - \bar{x}_2| / (w_1 + w_2)$ de Moore (in PEARSON & HARTLEY, 1976) pour lequel w est l'amplitude de variation d'une distribution de valeurs, montre que les teneurs en aliphatiques (2) et en cycliques aromatiques (2) diffèrent significativement (sécurité 99 %) par leur moyenne arithmétique. Cela est corroboré par le fait que les distributions des teneurs sont disjointes pour Ala, Gly, Tyr, et à bornes proximales superposées pour Phe.

3. PARAMÈTRES DE DISTRIBUTION DU GENRE *STIPA* ET PARALLÈLE AVEC LES AUTRES GENRES DE LA TRIBU DES *STIPEAE*

Les données de SEMIKHOV et al. (1978) relatives à 12 espèces du genre *Stipa*, 5 du genre *Piptatherum*, et 1 du genre *Achnatherum*, exprimées en g / 100 g d'acides aminés (il s'agit des mêmes 17 acides aminés que ceux de notre étude) sont transformées en résidus pour 100 résidus. Pour le genre *Stipa*, ces nouvelles valeurs associées aux nôtres sont à la base du calcul des paramètres des teneurs des caryopses en acides aminés totaux (cf. Tableau 4). En ce qui concerne 4 des 15 espèces étudiées (*S. bromoides*, *S. capillata*, *S. offneri* et *S. pennata*) à plusieurs teneurs pour chaque acide aminé, leur moyenne arithmétique est considérée comme donnée de base au même titre que les valeurs ponctuelles des 11 autres pour le calcul de \bar{x} ; par contre, pour définir les bornes de l'intervalle de variation des 15 espèces, les teneurs spécifiques ponctuelles et plurales sont prises en compte (cf. Tableau 4, colonnes 4 et 1).

La comparaison des teneurs en amino-acides des caryopses des genres de la tribu des *Stipeae* montre que pour 15 des 17 amino-acides, les intervalles de variation du genre *Piptatherum* sont englobés dans ceux du genre *Stipa*. Les distributions ne se chevauchent partiellement que pour Pro, Arg et, au vu du test de Moore, leurs moyennes diffèrent de manière significative. Quant à l'échantillon rapporté à *Achnatherum splendens*, les teneurs de 16 des 17 amino-acides sont englobées dans les intervalles de variation du genre *Stipa*, hormis le cas de la proline (6,5 r /100 r).

4. PARAMÈTRES DE DISTRIBUTION DE LA TRIBU DES *STIPEAE*

Les paramètres de distribution des teneurs en amino-acides des *Stipeae* sont établis à partir des données de 21 espèces (15 du genre *Stipa*, 5 du genre *Piptatherum* et 1 du genre *Achnatherum*) et leurs valeurs peuvent être considérées comme très représentatives de la tribu (cf. Tableau 5).

TENEURS EN AMINO-ACIDES EXPRIMÉES EN MILLIÉQUIVALENTS PAR GRAMME DE CARYOPSES

D'après les données des tableaux 2 et 3, les teneurs totales en amino-acides exprimées en milliéquivalents par gramme de caryopses ont pour n échantillons ≥ 4 , une amplitude de variation de l'ordre de 0,42 et 0,60. Au vu du test de Moore, les moyennes ($\bar{x} = 2,06$ pour *S. offneri* et $\bar{x} = 1,89$ pour *S. pennata*) des distributions correspondantes sont équivalentes. Celle des 5 espèces étudiées est $\bar{x} = 1,975$.

TENEURS EN AMINO-ACIDES EXPRIMÉES EN GRAMMES POUR 100 GRAMMES DE CARYOPSES

1. TENEURS TOTALES ET VALEUR ALIMENTAIRE

La somme des teneurs des 17 amino-acides varie de 21,10 à 29,10 g pour 100 g de caryopses (cf. Tableaux 6 à 8). Cette variabilité qui caractérise l'intervalle de variation de *S. pennata* englobe celle des 4 autres espèces et la moyenne \bar{x} ne diffère pas significativement de celle calculée pour *Stipagrostis ciliata* (BOURREIL et al., 1991). Il se trouve que beaucoup de *Stipa* (en particulier, *S. capensis*) sont des plantes de pâturages dans les zones à précipitations moyennes annuelles n'excédant pas 400 mm (RATTRAY, 1960 ; LAZARIDES, 1970 ; MILTON MOORE, 1975). En France méditerranéenne, les *Stipa* qui reçoivent des précipitations plus importantes, peuvent être également consommés par les caprins, les ovins, les bovins et par les équidés. Les panicules porteuses de caryopses apportent un plus nutritionnel¹ par rapport à l'appareil végétatif. Mais, il y a un inconvénient inhérent au caractère vulnérant du callus de la diaspore, organe de dissémination de l'espèce (GILLET, 1968), de 4 des 5 espèces étudiées. Cependant, un broutage plus précoce correspondant à un stade pour lequel ce callus non encore induré n'est pas disjoint de la rachéole de l'épillet, supprime ce désavantage. La graine porte alors des réserves visqueuses et laiteuses, riches en amino-acides (GHIGLIONE et al., 1975).

1. Il y a 29,10 g de protéines pour 100 g de caryopses de *S. pennata* (Petit Luberon) alors que l'appareil végétatif de cette espèce n'en contient que 6,75 % (BOURREIL et al., 1992).

2. SCORES CHIMIQUES DES AMINO-ACIDES ESSENTIELS

Certains amino-acides dits indispensables puisque non synthétisés par l'organisme des herbivores sont au nombre de 8. Il s'agit de Val, Leu, Ile, Lys, Thr, Met, Phe et Trp¹. Dans une étude FAO/OMS (1973), sont mentionnées les proportions de ces amino-acides essentiels correspondant à une protéine dite standard et auxquels sont ajoutés la cystéine et la tyrosine, puisque Cys dérive du métabolisme de Met, et que Tyr dérive de celui de Phe. A partir des teneurs en amino-acides indispensables (a.a. ind.) des caryopses de *Stipa* et de la protéine standard, le score (ou indice) chimique est obtenu en calculant le rapport *teneur d'un a.a. ind. pour 100 g des 17 a.a. / teneur de l'a.a. correspondant de la protéine standard* (cf. Tableau 10). Le score < 1 le plus faible est celui de l'acide limitant. Etant donné que les souffrés sont fréquemment sous-évalués², il est clair que le limitant correspond à la lysine dont l'incidence sur la croissance est bien connue. Mais, lorsque les herbivores broutent des panicules à diaspores jeunes, la teneur en lysine des caryopses en formation doit être presque 2,5 fois plus forte³ (GHIGLIONE et al., 1975). Quant à la quantité globale d'acides essentiels, les résultats sont satisfaisants puisque pour 11 des 13 stations des 5 espèces de *Stipa*, les valeurs sont supérieures au total de 35 caractérisant la protéine standard (cf. Tableau 10).

3. HIÉRARCHISATION PONDÉRALE

La hiérarchisation pondérale des amino-acides des caryopses oppose Glu + Gln, ensemble le plus abondant, à Lys et His, à teneurs les plus faibles. Ces résultats confirment les conclusions de GENEVOIS (1957), DAUSSANT et al. (1983) pour l'ensemble des graminées. Par contre, l'arginine occupe chez les *Stipa*, le deuxième rang et cette situation est tout à fait différente de celle qui caractérise les caryopses de *Stipagrostis ciliata* (BOURREIL et al., 1991) ainsi que certaines protéines de réserve comme la zéine du maïs, les gliadines du blé, pauvres en amino-acides basiques (DAUSSANT et al., 1983).

1. Comme le tryptophane nécessite une hydrolyse alcaline pour être extrait, il n'est pas souvent dosé.

2. Cela est dû aux dégradations aléatoires plus ou moins importantes se produisant au cours de l'hydrolyse acide à chaud du matériel végétal et imputables à la présence d'amidon (réaction de Maillard et Strecker, in VERNIN & METZGER, 1981). Or, 100 g de caryopses de *Stipa pennata* en contiennent 61 g (Plan d'Aups), 66 g (Puits de Rians), 63 g (environs de Brovès) et 58 g (Petit Luberon).

3. Par extrapolation des résultats obtenus à partir d'*Aristida rhinochloa* (caryopses en formation, Lys = 4,4 r / 100 r ; caryopses à maturité, Lys = 1,8 r). En effet, les processus de maturation des caryopses sont les mêmes quelle que soit la tribu envisagée.

TABLEAU 1 : Composition en amino-acides totaux (r/100r) des caryopses de *Stipa bromoides*, *S. capensis* et *S. capillata*.

AMINO- ACIDES (résidus/100 résidus)	<i>S. bromoides</i>			<i>S. capensis</i>		<i>S. capillata</i>		\bar{x} (7)
	A 16 km de Ste Maxime (Var) (1)	Environs d'Aups (Var) (2)	\bar{x} (3)	Gare de Ponteau (B-d-R) (4)	Forêt de la Gardiole (Var) (5)	Adapté de SEMIKHOV et al. (1978) (6)		
Asp (Asx)	7,8	8,0	7,9	7,9	8,5	9,4	8,95	
Thr	4,0	4,2	4,1	4,3	4,1	3,9	4,0	
Ser	5,6	5,7	5,65	5,3	5,4	5,4	5,4	
Glu (Glx)	20,3	22,5	21,4	18,3	19,7	18,9	19,3	
Pro	4,0	4,1	4,05	4,3	4,0	5,0	4,5	
Gly	10,2	9,7	9,95	10,6	10,2	8,1	9,15	
Ala	7,2	7,5	7,35	7,7	6,5	8,3	7,4	
Val	4,4	5,0	4,7	5,0	4,2	6,1	5,15	
Cys	2,5	2,0	2,25	2,7	2,8	1,7	2,25	
Met	1,8	1,5	1,65	1,7	1,8	1,8	1,8	
Ile	2,8	3,1	2,95	3,3	3,0	3,8	3,4	
Leu	7,1	7,0	7,05	7,6	8,3	7,6	7,95	
Tyr	3,5	3,2	3,35	3,5	4,0	3,9	3,95	
Phe	5,0	4,4	4,7	4,2	4,0	3,4	3,7	
Lys	2,5	2,2	2,35	3,4	2,4	2,7	2,55	
His	2,8	2,5	2,65	2,9	2,9	1,9	2,4	
Arg	8,5	7,4	7,95	7,3	8,2	8,1	8,15	
Prise d'essai (m.éq/g)	48,00	36,00	-	40,00	47,00	-	-	
Amino-acides (m.éq/g)	2,08	1,99	2,035	1,65	2,10	-	-	
Poids moyen des caryopses (\bar{x} mg)	2,75	2,00	2,375	0,78	3,37	-	-	
Amino-acides (μ éq/car.m.)	5,72	3,98	4,83	1,29	7,08	-	-	

SIGNIFICATION DES SYMBOLES

m.éq/g : milliéquivalents par gramme de caryopse

\bar{x} : moyenne arithmétique des teneurs

μ .éq/car.m. : microéquivalent par caryopse moyen

ABRÉVIATIONS

Asp (Asx) : acide aspartique + asparagine ; Thr : thréonine ; Ser : sérine

Glu (Glx) : acide glutamique + glutamine ; Pro : proline ; Gly : glycine ; Ala : alanine

Val : valine ; Cyst : cystéine ; Met : méthionine ; Ile : isoleucine ; Leu : leucine

Tyr : tyrosine ; Phe : phénylalanine ; Lys : lysine ; His : histidine ; Arg : arginine

TABLEAU 2 : Composition en amino-acides totaux (r/100r) des caryopses de *Stipa offneri*.

AMINO-ACIDES (résidus/100 résidus)	N. Dame des Anges (B-d-R)	St Pilon Ste Baume (Var)	Petit Luberon (Vaucluse)	Mont Ventoux (Vaucluse)	Intervalle de variation	Δx	\bar{x}	$\Delta x/\bar{x}$	s^2	V	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
Asp (Asx)	9,4	8,9	8,4	9,1	9,7	8,4-9,7	1,3	9,1	0,14	0,195	4,85
Thr	3,9	4,6	4,3	3,8	3,9	3,8-4,6	0,8	4,1	0,20	0,09	7,3
Ser	5,3	5,9	5,5	5,2	5,3	5,2-5,9	0,7	5,45	0,13	0,06	4,5
Glu (Glx)	18,3	20,7	20,1	19,0	19,2	18,3-20,7	2,4	19,45	0,12	0,715	4,35
Pro	4,2	3,5	3,9	4,3	4,7	3,5-4,7	1,2	4,1	0,29	0,16	9,75
Gly	10,1	9,5	10,2	10,0	10,1	9,5-10,2	0,7	10,0	0,07	0,06	2,45
Ala	7,1	7,3	7,2	6,9	7,3	6,9-7,3	0,4	7,15	0,06	0,02	2,00
Val	5,8	5,5	4,6	5,5	6,3	4,6-6,3	1,7	5,55	0,31	0,305	9,95
Cys	1,5	1,0	1,9	1,7	0,8	0,8-1,9	1,1	1,4	0,79	0,175	29,9
Met	0,1	0,8	1,5	tr	0,2	tr-1,5	#1,5	0,5	3,00	0,32	113,15
Ile	3,6	3,8	3,3	3,6	3,6	3,3-3,8	0,5	3,6	0,14	0,025	4,4
Leu	8,5	8,3	7,7	8,5	9,1	7,7-9,1	1,4	8,4	0,17	0,20	5,35
Tyr	3,6	3,3	4,0	3,8	3,7	3,3-4,0	0,7	3,7	0,19	0,055	6,35
Phe	4,2	3,6	4,3	4,4	3,9	3,6-4,4	0,8	4,1	0,20	0,085	7,1
Lys	3,6	2,7	2,9	2,9	3,1	2,7-3,6	0,9	3,05	0,30	0,095	10,1
His	2,7	2,5	2,6	2,7	1,6	1,6-2,7	1,1	2,4	0,46	0,175	17,45
Arg	8,1	8,1	7,6	8,6	7,5	7,5-8,6	1,1	8,0	0,14	0,16	5,0
Prise d'essai (mg)	49,30	46,50	33,00	55,70	45,00	-	-	-	-	-	-
Amino-acides (m.éq/g)	2,00	2,15	2,12	1,80	2,22	1,80-2,22	0,42	2,06	0,20	0,0226	7,3
Poids moyen des caryopses (\bar{x} mg)	1,90	3,90	2,60	4,80	4,58	1,90-4,80	2,90	3,55	0,82	1,3272	32,45
Amino-acides (μ éq/car.m.)	3,80	8,39	5,51	8,64	10,17	3,80-10,17	6,37	7,30	0,87	5,5572	32,3

SIGNIFICATION DES SYMBOLES

Δx : amplitude de l'intervalle de variation

\bar{x} : moyenne arithmétique des teneurs exprimées en résidus pour 100 résidus

$\Delta x/\bar{x}$: variabilité relative

s^2 : variance de l'échantillon = SCE/n (avec SCE = somme des carrés des écarts)

V : coefficient de variation = $100 s/\bar{x}$

m.éq/g : milliéquivalents par gramme de caryopse

tr : traces

μ .éq/car.m. : microéquivalent par caryopse moyen

TABLEAU 3 : Composition en amino-acides totaux (r/100r) des caryoses de *Stipa pennata*.

AMINO-ACIDES (résidus/100 résidus)	Plan d'Aups (Var) (1)	Environs de Puits de Rians (Var) (2)	Environs de Brovès (Var) (3)	Petit Luberon (Vaucluse) (4)	Adapté de SEMIKHOV et al. (1978) (5)	Intervalle de variation (6)	Δx (7)	\bar{x} (8)	$\Delta x/\bar{x}$ (9)	s^2 (10)	V (11)
Asp (Asx)	9,4	9,1	8,7	9,1	9,7	8,7-9,7	1,0	9,2	0,11	0,11	3,65
Thr	4,3	4,0	4,2	4,7	4,2	4,0-4,7	0,7	4,3	0,16	0,055	5,45
Ser	4,8	4,3	5,0	5,3	5,4	4,3-5,4	1,1	4,95	0,22	0,155	7,95
Glu (Glx)	19,0	18,9	20,4	19,1	17,8	17,8-20,4	2,6	19,05	0,14	0,68	4,35
Pro	4,2	4,1	4,3	4,1	5,5	4,1-5,5	1,4	4,45	0,31	0,285	12,0
Gly	8,7	8,7	8,9	9,3	7,6	7,6-9,3	1,7	8,65	0,20	0,32	6,55
Ala	7,8	8,1	8,3	8,4	8,2	7,8-8,4	0,6	8,15	0,07	0,04	2,45
Val	6,9	7,4	7,2	6,6	6,3	6,3-7,4	1,1	6,9	0,16	0,16	5,8
Cys	1,3	0,9	1,0	0,9	2,0	0,9-2,0	1,1	1,15	0,96	0,18	36,9
Met	1,3	1,5	0,6	1,6	2,2	0,6-2,2	1,6	1,45	1,10	0,265	35,5
Ile	4,6	4,5	4,5	4,2	3,6	3,6-4,6	1,0	4,3	0,23	0,135	8,55
Leu	8,3	8,7	8,7	8,1	8,5	8,1-8,7	0,6	8,45	0,07	0,055	2,8
Tyr	2,4	2,6	1,9	2,5	3,1	1,9-3,1	1,2	2,5	0,48	0,15	15,5
Phe	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6	3,5-3,6	0,1	3,5	0,03	0,002	1,3
Lys	3,1	3,3	3,2	3,3	3,0	3,0-3,3	0,3	3,2	0,09	0,015	3,85
His	3,2	2,1	2,1	2,0	1,6	1,6-3,2	1,6	2,2	0,73	0,285	24,25
Arg	7,2	8,3	7,5	7,3	7,7	7,2-8,3	1,1	7,6	0,14	0,15	5,1
Prise d'essai (mg)	135,00	113,00	132,00	107,00	-	-	-	-	-	-	-
Amino-acides (m.éq/g)	2,07	1,52	1,85	2,12	-	1,52-2,12	0,60	1,89	0,32	0,0560	12,5
Poids moyen des caryopses (\bar{x} mg)	13,21	11,82	12,97	10,78	-	10,78-13,21	2,43	12,195	0,20	0,9434	7,95
Amino-acides (μ éq/car.m.)	27,34	17,97	23,99	22,85	-	17,97-27,34	9,37	23,04	0,41	11,2834	14,55

SIGNIFICATION DES SYMBOLES

Δx : amplitude de l'intervalle de variation

\bar{x} : moyenne arithmétique des teneurs exprimées en résidus pour 100 résidus

$\Delta x/\bar{x}$: variabilité relative

s^2 : variance de l'échantillon = SCE/n (avec SCE = somme des carrés des écarts)

V : coefficient de variation = $100 s/\bar{x}$

m.éq/g : milliéquivalents par gramme de caryopse

μ .éq/car.m. : microéquivalent par caryopse moyen

TABLEAU 4 : Paramètres de distribution de la composition en amino-acides totaux (r/100r) des caryopses de 15 espèces du genre *Stipa*.

AMINO-ACIDES (résidus/100 résidus)	Intervalle de variation (1)	Δx (2)	\bar{x} (3)	$\Delta x / \bar{x}$ (4)	s^2 (5)	V (6)	Sm (7)	$\bar{x} \pm TvSm$ (8)	100Sm/ \bar{x} (9)
Asp (Asx)	7,8-10,0	2,2	9,0	0,24	0,30	6,1	0,145	8,7-9,3	1,61
Thr	3,6-4,7	1,1	3,95	0,28	0,05	5,65	0,06	3,8-4,1	1,52
Ser	4,3-5,9	1,6	5,0	0,32	0,155	7,9	0,105	4,8-5,2	2,10
Glu (Glx)	15,6-22,5	6,9	19,15	0,36	1,43	6,25	0,36	18,4-19,9	1,88
Pro	3,5-5,7	2,2	4,95	0,44	0,28	10,7	0,14	4,65-5,25	2,83
Gly	7,3-10,6	3,3	8,4	0,39	0,98	11,8	0,265	7,85-8,95	3,15
Ala	6,5-9,1	2,6	8,05	0,32	0,215	5,75	0,125	7,8-8,3	1,55
Val	4,2-7,4	3,2	6,05	0,53	0,385	10,25	0,165	5,7-6,4	2,73
Cys	0,8-2,8	2,0	1,6	1,25	0,205	28,3	0,12	1,35-1,85	7,50
Met	tr-2,2	#2,2	1,7	1,29	0,13	21,2	0,095	1,5-1,9	5,59
Ile	2,8-4,6	1,8	3,75	0,48	0,125	9,45	0,095	3,55-3,95	2,55
Leu	7,0-9,1	2,1	8,1	0,26	0,165	5,0	0,11	7,85-8,35	1,36
Tyr	1,9-4,0	2,1	3,5	0,60	0,11	9,5	0,09	3,3-3,7	2,57
Phe	3,3-5,1	1,8	3,85	0,47	0,225	12,3	0,125	3,6-4,1	3,25
Lys	2,2-4,0	1,8	3,1	0,58	0,14	12,05	0,10	2,9-3,3	3,23
His	1,6-3,2	1,6	2,15	0,74	0,105	15,05	0,085	1,95-2,35	3,95
Arg	6,9-8,6	1,7	7,7	0,22	0,09	3,9	0,08	7,55-7,85	1,04

SIGNIFICATION DES SYMBOLES

Δx : amplitude de l'intervalle de variation

\bar{x} : moyenne arithmétique des teneurs exprimées en résidus pour 100 résidus

$\Delta x / \bar{x}$: variabilité relative

s^2 : variance de l'échantillon = SCE/n (avec SCE = somme des carrés des écarts)

V : coefficient de variation = 100 s/ \bar{x}

Sm : $\sqrt{SCE / n(n-1)}$, erreur standard de \bar{x}

$\bar{x} \pm TvSm$: intervalle de confiance de \bar{x} (avec v = nombre de d.d.l. et Tv = limite de signification de la distribution de Student pour une sécurité de 95 %)

100Sm/ \bar{x} : indice de Zaitseva (in SEMIKHOV et al., 1978)

tr : traces

: très peu différent de

TABLEAU 5 : Paramètres de distribution de la composition en amino-acides totaux (r/100r) des caryopses de 21 espèces de la tribu des *Stipeae*.

AMINO- ACIDES (résidus/100 résidus)	Intervalle de variation (1)	Δx (2)	\bar{x} (3)	$\Delta x / \bar{x}$ (4)	s^2 (5)	V (6)	Sm (7)	$\bar{x} \pm TvSm$ (8)	100Sm/ \bar{x} (9)
Asp (Asx)	7,8-10,0	2,2	8,9	0,25	0,26	5,75	0,115	8,65-9,15	1,29
Thr	3,6-4,7	1,1	3,95	0,28	0,04	5,05	0,045	3,85-4,05	1,14
Ser	4,3-5,9	1,6	5,1	0,31	0,14	7,35	0,085	4,9-5,3	1,6
Glu (Glx)	15,6-22,5	6,9	19,25	0,36	1,21	5,7	0,245	18,75-19,75	1,27
Pro	3,5-6,5	3,0	5,25	0,57	0,45	12,8	0,175	4,9-5,6	3,33
Gly	7,3-10,6	2,9	8,35	0,35	0,74	10,3	0,19	7,95-8,75	2,28
Ala	6,5-9,1	2,6	8,05	0,32	0,18	5,3	0,095	7,85-8,25	1,18
Val	4,2-7,4	3,2	6,05	0,53	0,305	9,15	0,125	5,8-6,3	2,07
Cys	0,8-2,8	2,0	1,5	1,33	0,175	27,9	0,095	1,3-1,7	6,33
Met	tr-2,2	#2,2	1,75	1,26	0,105	18,5	0,075	1,6-1,9	4,29
Ile	2,8-4,6	1,8	3,85	0,47	0,115	8,8	0,075	3,7-4,0	1,95
Leu	7,0-9,1	2,1	7,9	0,27	0,245	6,25	0,11	7,65-8,15	1,39
Tyr	1,9-4,0	2,1	3,4	0,62	0,10	9,3	0,07	3,25-3,55	2,06
Phe	3,3-5,1	1,8	4,0	0,45	0,235	12,1	0,11	3,75-4,25	2,75
Lys	2,2-4,0	1,8	3,1	0,58	0,115	10,95	0,075	2,95-3,25	2,42
His	1,6-3,2	1,6	2,1	0,76	0,09	14,3	0,065	1,95-2,25	3,10
Arg	6,5-8,6	2,1	7,5	0,28	0,205	6,05	0,10	7,3-7,7	1,33

SIGNIFICATION DES SYMBOLES

Δx : amplitude de l'intervalle de variation

\bar{x} : moyenne arithmétique des teneurs exprimées en résidus pour 100 résidus

$\Delta x / \bar{x}$: variabilité relative

s^2 : variance de l'échantillon = SCE/n (avec SCE = somme des carrés des écarts)

V : coefficient de variation = $100 s / \bar{x}$

Sm : $\sqrt{SCE / n(n-1)}$, erreur standard de \bar{x}

$\bar{x} \pm TvSm$: intervalle de confiance de \bar{x} (avec v = nombre de d.d.l. et Tv = limite de signification de la distribution de Student pour une sécurité de 95 %)

100Sm/ \bar{x} : indice de Zaitseva (in SEMIKHOV et al., 1978)

tr : traces

: très peu différent de

TABLEAU 6 : Composition en amino-acides totaux (g/100g) des caryopses de *Stipa bromoides*, *S. capensis* et *S. capillata*.

AMINO-ACIDES (g/100g de caryopses)	<i>S. bromoides</i>			<i>S. capensis</i>	<i>S. capillata</i>
	A 16 km de Ste Maxime (Var) (1)	Environs d'Aups (Var) (2)	\bar{x} (3)	Gare de Ponateau (B-d-R) (4)	Forêt de la Gardiole (Var) (5)
Asp (Asx)	2,16	2,11	2,135	1,73	2,37
Thr	0,99	1,00	0,995	0,84	1,02
Ser	1,22	1,20	1,21	0,91	1,18
Glu (Glx)	6,18	6,60	6,39	4,42	6,09
Pro	0,96	0,94	0,95	0,81	0,96
Gly	1,59	1,45	1,52	1,31	1,60
Ala	1,34	1,32	1,33	1,13	1,21
Val	1,08	1,17	1,125	0,97	1,03
Cys	0,63	0,48	0,555	0,54	0,70
Met	0,55	0,45	0,50	0,42	0,57
Ile	0,76	0,81	0,785	0,71	0,82
Leu	1,93	1,83	1,88	1,64	2,28
Tyr	1,32	1,16	1,24	1,05	1,52
Phe	1,72	1,45	1,585	1,14	1,39
Lys	0,76	0,64	0,70	0,82	0,73
His	0,96	0,77	0,835	0,74	0,75
Arg	3,08	2,57	2,825	2,11	2,99
Total des 17 am. ac. (g/100 g de caryopses)	27,17	25,95	26,56	21,29	27,21

SIGNIFICATION DES SYMBOLES

\bar{x} : moyenne arithmétique des teneurs exprimées en grammes pour 100 grammes de caryopses

TABLEAU 7 : Composition en amino-acides totaux (g/100g) des caryopses de *Stipa offneri*.

AMINO- ACIDES (g/100 g de caryopses)	N. D. des Corbières (Aude) (1)	Anges (B-d-R) (2)	St Pilon Ste Baume (Var) (3)	Petit Luberon (Vaucluse) (4)	Mont Ventoux (Vaucluse) (5)	Intervalle de variation (6)	Δx (7)	\bar{x} (8)	$\Delta x / \bar{x}$ (9)	s^2 (10)	V (11)
Asp (Asx)	2,50	2,54	2,37	2,17	2,86	2,17-2,86	0,69	2,49	0,28	0,0513	9,1
Thr	0,93	1,18	1,09	0,81	1,03	0,81-1,18	0,37	1,01	0,37	0,0164	12,7
Ser	1,11	1,33	1,23	0,99	1,24	0,99-1,33	0,34	1,18	0,29	0,0139	10,0
Glu (Glx)	5,30	6,55	6,27	5,03	6,27	5,03-6,55	1,52	5,885	0,26	0,3624	10,2
Pro	0,97	0,86	0,95	0,88	1,17	0,86-1,17	0,51	0,965	0,53	0,0121	11,4
Gly	1,52	1,53	1,62	1,35	1,68	1,35-1,68	0,33	1,55	0,21	0,0109	6,75
Ala	1,26	1,40	1,36	1,10	1,44	1,10-1,44	0,34	1,31	0,26	0,0148	9,3
Val	1,36	1,38	1,14	1,16	1,64	1,14-1,64	0,50	1,37	0,37	0,0337	13,4
Cys	0,36	0,27	0,49	0,38	0,22	0,22-0,49	0,27	0,40	0,68	0,0220	37,1
Met	0,03	0,25	0,47	tr	0,06	tr-0,47	#0,47	0,22	2,14	0,0429	94,2
Ile	0,94	1,08	0,92	0,85	1,05	0,85-1,08	0,23	0,97	0,24	0,0073	8,8
Leu	2,23	2,34	2,14	2,00	2,64	2,00-2,64	0,64	2,27	0,28	0,0466	9,5
Tyr	1,30	1,29	1,53	1,23	1,49	1,23-1,53	0,30	1,37	0,22	0,0142	8,7
Phe	1,39	1,27	1,51	1,31	1,42	1,27-1,51	0,24	1,38	0,17	0,0071	6,1
Lys	1,05	0,85	0,96	0,76	1,01	0,76-1,05	0,29	0,95	0,30	0,0114	11,25
His	0,84	0,84	0,92	0,76	0,55	0,55-0,92	0,37	0,78	0,47	0,0160	16,2
Arg	2,82	3,03	2,80	2,70	2,89	2,70-3,03	0,33	2,805	0,12	0,0192	4,95
Total des 17 am. ac. (g/100 g de caryopses)	25,91	27,99	27,77	23,48	28,66	25,91-28,66	2,75	26,76	0,10	3,5248	7,0

SIGNIFICATION DES SYMBOLES

Δx : amplitude de l'intervalle de variation

\bar{x} : moyenne arithmétique des teneurs exprimées en grammes pour 100 grammes de caryopses

$\Delta x / \bar{x}$: variabilité relative

s^2 : variance de l'échantillon = SCE/n (avec SCE = somme des carrés des écarts)

V : coefficient de variation = $100 s / \bar{x}$

Sm : $\sqrt{SCE / n(n-1)}$, erreur standard de \bar{x}

$\bar{x} \pm TvSm$: intervalle de confiance de \bar{x} (avec v = nombre de d.d.l. et Tv = limite de signification de la distribution de Student pour une sécurité de 95 %)

$100Sm / \bar{x}$: indice de Zaitseva (in SEMIKHOV et al., 1978)

tr : traces

: très peu différent de

TABLEAU 8 : Composition en amino-acides totaux (g/100g) des caryoses de *Stipa pennata*.

AMINO-ACIDES (g/100 g de caryopses)	Plan d'Aups (Var) (1)	Puits de Rians (Var) (2)	Environs de Brovès (Var) (3)	Petit Luberon (Vaucluse) (4)	Intervalle de variation (5)	Δx (6)	\bar{x} (7)	$\Delta x / \bar{x}$ (8)	s^2 (9)	V (10)
Asp (Asx)	2,59	1,84	2,14	2,57	1,84-2,59	0,75	2,285	0,33	0,0983	13,7
Thr	1,06	0,72	0,92	1,19	0,72-1,19	0,47	0,97	0,48	0,0304	17,95
Ser	1,04	0,69	0,97	1,18	0,69-1,18	0,49	0,97	0,51	0,0319	18,4
Glu (Glx)	6,49	4,74	6,23	6,68	4,74-6,68	1,94	6,035	0,32	0,5845	12,7
Pro	1,00	0,72	0,91	1,00	0,72-1,00	0,28	0,91	0,31	0,0131	12,55
Gly	1,35	0,99	1,23	1,48	0,99-1,48	0,49	1,26	0,39	0,0326	14,3
Ala	1,44	1,10	1,37	1,58	1,10-1,58	0,48	1,37	0,35	0,0305	12,75
Val	1,67	1,32	1,56	1,64	1,32-1,67	0,35	1,55	0,23	0,0189	8,85
Cys	0,32	0,16	0,22	0,23	0,16-0,32	0,16	0,23	0,70	0,0033	24,85
Met	0,40	0,34	0,16	0,51	0,16-0,51	0,35	0,35	1,00	0,0161	36,2
Ile	1,25	0,90	1,09	1,17	0,90-1,25	0,35	1,10	0,32	0,0169	11,8
Leu	2,25	1,73	2,11	2,25	1,73-2,25	0,52	2,085	0,25	0,0453	10,2
Tyr	0,90	0,72	0,64	0,96	0,64-0,96	0,32	0,805	0,40	0,0169	16,15
Phe	1,20	0,88	1,07	1,23	0,88-1,23	0,35	1,095	0,32	0,0190	12,6
Lys	1,17	0,92	1,08	1,28	0,92-1,28	0,36	1,11	0,32	0,0174	11,9
His	1,39	0,67	0,81	0,89	0,67-1,39	0,72	0,94	0,77	0,0737	28,9
Arg	3,14	2,66	2,92	3,26	2,66-3,26	0,60	2,995	0,20	0,0523	7,65
Total des 17 am. ac. (g/100 g de caryopses)	28,66	21,10	25,43	29,10	21,10-29,10	8,00	26,07	0,31	10,2499	12,3

SIGNIFICATION DES SYMBOLES

Δx : amplitude de l'intervalle de variation

\bar{x} : moyenne arithmétique des teneurs exprimées en grammes pour 100 grammes

$\Delta x / \bar{x}$: variabilité relative

s^2 : variance de l'échantillon = SCE/n (avec SCE = somme des carrés des écarts)

V : coefficient de variation = 100 s / \bar{x}

TABLEAU 9 : Normes quantitatives et variabilité (100 g) des amino-acides totaux des caryopses de 5 espèces du genre *Stipa* (*S. bromoides*, *S. capensis*, *S. capillata*, *S. offneri* et *S. pennata*).

Rang quantitatif	AMINO-ACIDES (g/100 g de caryopses)	Intervalle de variation	Δx	\bar{x}	$\Delta x / \bar{x}$	$100 \bar{x} / 25,61$
1	Glu (Glx)	4,42-6,68	2,26	5,765	0,39	22,51
2	Arg	2,11-3,26	1,15	2,745	0,42	10,72
3	Asp (Asx)	1,73-2,86	1,13	2,20	0,51	8,59
4	Leu	1,64-2,64	1,00	2,03	0,49	7,93
5	Gly	0,99-1,68	0,69	1,45	0,48	5,66
6	Phe	0,88-1,72	0,84	1,32	0,64	5,15
7	Ala	1,10-1,58	0,48	1,27	0,38	4,96
8	Val	0,97-1,67	0,70	1,21	0,58	4,72
9	Tyr	0,64-1,53	0,89	1,20	0,74	4,69
10	Ser	0,69-1,33	0,64	1,09	0,59	4,26
11	Thr	0,72-1,19	0,47	0,965	0,49	3,77
12	Pro	0,72-1,17	0,45	0,92	0,49	3,59
13	Ile	0,71-1,25	0,54	0,88	0,61	3,44
14	Lys	0,64-1,28	0,64	0,86	0,74	3,36
15	His	0,55-1,39	0,84	0,81	1,04	3,16
16	Cys	0,16-0,70	0,54	0,485	1,11	1,89
17	Met	tr-0,57	#0,57	0,41	1,39	1,60
	Total	-	-	25,61	-	100,00

SIGNIFICATION DES SYMBOLES

Δx : amplitude de l'intervalle de variation

\bar{x} : moyenne arithmétique des teneurs exprimées en g/100 g

$\Delta x / \bar{x}$: variabilité relative

$100 \bar{x} / 25,61$: g d'un am. ac. donné pour 100 g des 17 am. ac.

TABLEAU 10 : Scores chimiques des amino-acides totaux essentiels des caryopses de 5 espèces de *Stipa* en provenance de France méridionale.

			AMINO-ACIDES essentiels							Total	
			Thr	Val	Met + (Cys)	Ile	Leu	Phe + (Tyr)	Lys		
Standard FAO		g/100 g	4,0	5,0	3,5	4,0	7,0	6,0	5,5	35,0	
Protéines											
<i>S. bromoides</i>	A 16 km de Ste Maxime (Var)	g/100 g a.a	3,64	3,97	4,34	2,80	7,10	11,19	2,80	35,84	
		score chimique	0,9	0,8	1,25	0,7	1,0	1,9	0,5		
	Environs d'Aups (Var)	g/100 g a.a	3,85	4,51	3,58	3,12	7,05	10,06	2,47	34,64	
		score chimique	0,95	0,9	1,0	0,8	1,0	1,7	0,45		
<i>S. capensis</i>	Gare de Ponteau (B-d-R)	g/100 g a.a	3,95	4,56	4,51	3,33	7,70	10,29	3,85	38,19	
		score chimique	1,0	0,9	1,3	0,85	1,1	1,7	0,7		
<i>S. capillata</i>	Forêt de la Gardiole (Var)	g/100 g a.a	3,75	3,79	4,67	3,01	8,38	10,69	2,68	36,97	
		score chimique	0,95	0,75	1,35	0,75	1,2	1,8	0,5		
<i>S. offneri</i>	Corbières (Aude)	g/100 g a.a	3,59	5,25	1,51	3,63	8,61	10,38	4,05	37,02	
		score chimique	0,9	1,05	0,45	0,9	1,25	1,75	0,75		
	N.D. des Anges (B-d-R)	g/100 g a.a	4,22	4,93	1,86	3,86	8,36	9,15	3,04	35,42	
		score chimique	1,05	1,0	0,55	1,0	1,2	1,55	0,55		
	St Pilon (Var)	g/100 g a.a	3,93	4,11	3,46	3,31	7,71	10,95	3,46	36,93	
		score chimique	1,0	0,8	1,0	0,85	1,1	1,85	0,65		
	Petit Luberon (Vaucluse)	g/100 g a.a	3,45	4,94	1,62	3,62	8,52	10,82	3,24	36,21	
		score chimique	0,85	1,0	0,45	0,9	1,2	1,8	0,6		
	Mt Ventoux (Vaucluse)	g/100 g a.a	3,70	5,72	0,98	3,66	9,21	10,15	3,52	36,94	
		score chimique	0,95	1,15	0,3	0,9	1,3	1,7	0,65		
	<i>S. pennata</i>	Plan d'Aups (Var)	g/100 g a.a	3,70	5,83	2,51	4,36	7,85	7,33	4,08	35,66
			score chimique	0,95	1,2	0,7	1,1	1,1	1,2	0,75	
Puits de Rians (Var)		g/100 g a.a	3,41	6,26	2,37	4,27	8,20	7,58	4,36	36,45	
		score chimique	0,85	1,25	0,7	1,1	1,2	1,25	0,8		
Environs de Brovès (Var)		g/100 g a.a	3,62	6,13	1,49	4,29	8,30	6,72	4,25	34,80	
		score chimique	0,9	1,25	0,45	1,1	1,2	1,1	0,8		
Petit Luberon (Vaucluse)		g/100 g a.a	4,09	5,64	2,54	4,02	7,73	7,53	4,40	35,95	
		score chimique	1,0	1,15	0,75	1,0	1,1	1,25	0,8		

IV. L'IMPORTANCE DES STIPA DANS LE DOMAINE DES PÂTURAGES

L'appétence des herbivores pour les *Stipa* a été bien observée dans les formations végétales où ils ont un degré de recouvrement significatif : en Afrique du Nord, dans les zones répertoriées STIPA₁ à n^o, soit ST₁ à *S. tenacissima* et à *Lygeum spartum*, ST₂ à *S. capensis* en peuplement presque pur, ST₃ à *S. lagascae* et *S. parviflora* (RATTRAY, 1960), en Australie, dans les landes tempérées sèches à *S. aris-tiglumis* et les forêts tempérées humides à *S. falcata* (MILTON MOORE, 1975), dans l'immense prairie nord-américaine où dominant au nord, *S. comata* et d'autres espèces du même genre, enfin, dans la steppe russe où se différencient des formations à *Stipa-Festuca* ou à *Stipa-Artemisia* (DUVIGNEAU, 1984). Là, dans les régions steppiques, les *Stipa* peuvent être consommés dans les pâturages ou engrangés comme fourrage avant écimaison¹ pour toutes les catégories de bétail et même pour les chevaux (TSVELEV, 1983).

En région provençale, *S. capillata* est signalé dans 3 associations végétales, le *Bromion erecti*, le *Brachypodietum ramosi*, l'*Asphodeletum fistulosi*. Cette dernière où l'espèce fait figure de caractéristique, occupe la Crau quaternaire des environs de Miramas et est une association à moutons (MOLINIER, 1959). Il est évident que les herbivores y consomment préférentiellement les légumineuses (luzerne et trèfle), mais comme la végétation est éparse, il se rabattent aussi sur les graminées. D'après MOLINIER (1972), *S. pennata*, *S. capillata* et *S. offneri* sont particulièrement abondants dans la région de Pourrières (Var) où se côtoient landes et vignes ; chaque espèce se localisant dans des milieux écologiques différents, à degré de xéricité croissant de la première à la troisième. *S. capensis* abonde aux abords de la gare de Ponteau, à proximité du vallon St Pierre. Enfin, *S. bromoides* est plus courant dans le Var que dans les Bouches-du-Rhône où cependant la localité de Peynier avec sa bergerie des Allées mérite d'être citée (MOLINIER, 1981).

Les espèces que nous avons étudiées suscitent quelques remarques. Quand la panicule de *S. bromoides* est broutée au stade de maturité des diaspores à callus à extrémité arrondie, les caryopses apportent surtout par leurs protéines de réserve, un supplément d'acides aminés non négligeable, puisque leur teneur globale (g / 100 g de matière végétale) est environ 4 fois plus importante que celle de l'appareil végétatif. Quant aux espèces *S. capensis*², *S. capillata*, *S. offneri* et *S. pennata*, le callus à pointe acuminée, indurée et vulnérante ne favorise pas une consommation bénéfique des caryopses. En effet, TSVELEV (1983) signale que *S. capillata*, l'une des espèces les plus répandues dans les pâturages, provoque de sévères dommages puisque ses diaspores indurées peuvent pénétrer profondément par la pointe du callus dans la chair du corps ou de la cavité buccale des herbivores, ce qui peut entraîner la mort³. Cependant, lorsque les diaspores sont immatures, le callus adné à la rachéole n'a pas une texture aussi ferme et n'est plus une gêne pour le bétail. Dans ces conditions, l'albumen du fruit, riche en acides aminés, est à l'état liquide ou visqueux selon le stade d'évolution et la quantité de lysine, acide indispensable limitant, doit être en proportion plus élevée.

1. Traduction littérale. Il faut comprendre : avant la maturité des panicules, car dans ce cas, il serait nécessaire de les étié-ter pour éviter les blessures que provoquent les callus avant la chute des diaspores. Ce stade du biocycle des *Stipa* correspond tout à fait à celui auquel nous faisons allusion dans les 2 dernières phrases du paragraphe.

2. En outre, *S. capensis* provoque par certains glycosides une forte acidité au cours de la digestion, source d'une certaine gêne, chez le petit bétail (TSVELEV, 1983).

3. TSVELEV mentionne que les moutons, plus particulièrement, ne doivent pas être placés dans les pâturages à l'époque de la maturité des diaspores de ce *Stipa* et de ceux de la section *Leiostipa*.

V. PARALLÈLE ANATOMIQUE ET BIOCHIMIQUE DES CARYOPSES

Les résultats biochimiques obtenus permettent de réaliser une comparaison d'ordre chimiotaxonomique corroborant des conclusions d'ordre anatomique.

D'après le principe de subordination des caractères (JACQUES-FÉLIX, 1958, 1962), certaines caractéristiques de l'embryon des graminées sont primordiales et le passage du type prénodesme archaïque au type plagiodesme est fondamental dans l'histoire de l'évolution de l'embryon graminéen (JACQUES-FÉLIX, 1962). Pour 10 groupes taxonomiques englobant 27 tribus de la famille des graminées que nous avons étudiés (BOURREIL & GAYDOU, 1989) sont à embryon prénodesme les groupes bambusoïde, ehrhartoïde, festucoïde, oryzoïde, stipoïde et zizanioïde ; sont à embryon plagiodesme les groupes arundinoïde, centothecoïde, chloridoïde et panicoïde. Or, les *Stipeae* que nous affectons au groupe stipoïde ont un embryon prénodesme, à épiblaste et sans talon tandis que les *Aristideae* ont un embryon plagiodesme sans épiblaste et à talon (JACQUES-FÉLIX, 1962). Il est donc clair pour nous, tout comme pour REEDER (1961), que la tribu des *Stipeae* ne présente aucune affinité phylogénétique avec celle des *Aristideae* comme pourraient le laisser supposer la structure uniflore de l'épillet et les ressemblances entre les lemmes de certaines espèces (BOURREIL, 1964). Il ne s'agit là que d'orthogénèses parallèles, de caractères de convergence (JACQUES-FÉLIX, 1962).

Il se trouve que la position taxonomique de la tribu des *Stipeae* à laquelle les *Stipa* se rattachent suscite encore des controverses. JACQUES-FÉLIX (1962) place cette tribu et celle des *Brachyelytreae* au sein du groupe stipoïde. TSVELEV (1983) l'intègre dans le groupe festucoïde. WATSON et al. (1985) suivis de YEOH & WATSON (1987) la subordonnent au groupe arundinoïde, tandis que RENVOIZE (1981) ne l'y inclut pas mais l'affecte aux *Pooideae* (1985). Enfin, BOURREIL & GAYDOU (1989) la rangent dans le groupe stipoïde placé entre les groupes festucoïde et oryzoïde sur leur diagramme de la famille des graminées.

L'embryon stipoïde, selon le code de REEDER (1957), est caractérisé par la formule F + F F (la première lettre F correspond à prénodesme) tandis que l'embryon arundinoïde auquel se réfère celui de la tribu des *Aristideae* est du type P - P F (la première lettre P correspond à plagiodesme). Il s'ensuit qu'en vertu du principe de subordination des caractères déjà cité qui permet de donner la priorité à la structure embryonnaire, le rattachement des *Stipeae* au groupe arundinoïde proposé par WATSON et al. (1985), manque de cohérence.

L'organe le plus stable des plantes est la graine dont les protéines de structure et de réserve sont les constituants les plus représentatifs du génome. De ce fait, MIÈGE (1975) souligne l'intérêt que présente une étude quantitative des amino-acides, appliquée aux graines de groupes taxonomiques d'une même famille. C'est ce que nous avons précisément fait pour la famille des Graminées par 2 approches, l'une biométrique et l'autre informatique.

Les tribus à embryon prénodesme sont caractérisées par des caryopses à teneurs en résidus d'arginine dont les moyennes arithmétiques varient de 375 à 750 r pour 10000 r tandis que pour les tribus à embryon plagiodesme \bar{x}_{Arg} varie de 140 à 365 r/10000 r. Il s'agit là d'un hiatus fondamental de variation quantitative en synchronisation parfaite avec la discontinuité de la structure de l'entre-nœud du blaste embryonnaire qui peut être soit prénodesme soit plagiodesme selon le groupe de tribus envisagé. Il s'ensuit que la teneur en arginine est une caractéristique biochimique qui différencie fondamentalement le genre *Stipa* des genres *Stipagrostis* et *Aristida*¹. Ainsi, les caryopses de *Stipa* (cf.

1. Cette conclusion sera renforcée par une étude des teneurs en amino-acides des caryopses d'autres *Aristideae*, que nous allons bientôt développer en vue de calculer les paramètres de la variable teneur en résidus de cette tribu.

Tableau 4) contiennent 690 à 860 $r_{\text{Arg}} / 10000 r$ (avec $\bar{x} = 770$), tandis que ceux des genres *Aristida* et *Stipagrostis* en contiennent beaucoup moins comme le montrent les données suivantes :

A. contorta : 200 r, valeur ponctuelle (GHIGLIONE et al., 1975b)

A. ramosa : 250 r, v.p. (GHIGLIONE et al., 1975b)

A. rhiniochloa : 220 à 300 r et $\bar{x} = 250$ (GHIGLIONE et al., 1975a)

S. ciliata : 210 à 270 r et $\bar{x} = 235$ (BOURREIL et al., 1991)

S. plumosa : 240 r, v.p. (BOURREIL et al., 1976)

S. pungens : 270 à 310 r et $\bar{x} = 290$ (BOURREIL et al., 1979)

S. uniplumis : 190 r, v.p. (BOURREIL et al., 1976)

Qui plus est, les *Stipa* se différencient également des espèces précitées par une teneur des caryopses nettement plus faible en Glx et en Leu (les intervalles de variation de la variable teneur en résidus ne présentant aucune frange de superposition).

Nous avons appliqué une méthode d'analyse des données, celle de l'analyse en composantes principales, à l'étude des teneurs en résidus des caryopses de 27 tribus de la famille des Graminées (BOURREIL et al., en voie de finition). Les projections des points représentatifs des tribus dans le plan des axes 1-2 (composantes principales 1 et 2) sur la bissectrice à pente négative de ces 2 premières composantes principales séparent sans zone de chevauchement l'ensemble des tribus à embryon prénodesme de l'ensemble des tribus à embryon plagiodesme, résultat qui confirme pleinement la pensée de JACQUES-FÉLIX (1962) sur l'étape fondamentale du passage de l'embryon graminéen du type prénodesme au type plagiodesme (terminologie de VAN TIEGHEM, 1897). Le pourcentage de variance expliquée (soit le pourcentage d'information totale) de l'axe 1 est de 35 %. Cet axe oppose principalement Arg, Asx, Gly, His et Lys (abscisses positives) à Ala, Glx, Leu et Pro (abscisses négatives) de même qu'il oppose de manière significative la tribu des *Stipeae* (position dans le quadrant II ; abscisse positive et ordonnée négative) à celle des *Aristideae* (position dans le quadrant III ; abscisse négative la plus excentrique et ordonnée négative)¹.

L'interprétation des résultats obtenus par l'étude informatique des 17 amino-acides usuels des caryopses confirme donc les conclusions obtenues par l'application rigoureuse du principe de subordination des caractères. En conséquence, il ne nous paraît pas acceptable de subordonner la tribu des *Stipeae* au groupe arundinoïde.

BIBLIOGRAPHIE

- BARKWORTH, M. E. & EVERETT, J., 1987. — Evolution in the *Stipeae* : identification and relationships of its monophyletic taxa, pp. 261-264 in *Grass systematics and evolution*. International Symposium, Smithsonian Institution Washington, D. C., 27-31 July 1986, 472 p.

1. Pour les axes 1 et 2, le cercle des corrélations entre composantes principales et amino-acides ainsi que la position des tribus et le rappel de la position des amino-acides dans le plan des composantes principales 1 et 2 ont été projetés au cours de la communication présentée par BOURREIL au congrès de l'A.E.T.F.A.T., à Hambourg (sept. 1988), comme en témoignent les résumés imprimés (BOURREIL & GAYDOU, 1990), le texte étant publié dans la revue *Candollea* (BOURREIL & GAYDOU, 1989).

- BOURREIL, P., 1964. — Structure du limbe et évolution de la lemme au sein du deuxième groupe du genre *Aristida* L. Conséquences d'ordre taxinomique. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 259 : 2491-2494.
- BOURREIL, P., 1967. — Transfert d'*Aristida perrieri* A. Camus au genre *Sartidia* De Winter. Position taxonomique de ce nouveau genre. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 265 : 904-907.
- BOURREIL, P., GAST, M., GHIGLIONE, C. & LEMORDANT, D., 1979. — Contribution à l'étude morpho-anatomique, biométrique et biochimique des caryopses de Graminées du genre *Stipagrostis* Nees. II. *Adansonia*, sér. 2; 19 (1) : 93-107.
- BOURREIL, P. J. L. & GAYDOU, E. M., 1989. — Contribution à l'étude chimiotaxonomique des tribus et groupes de la famille des Graminées à partir de la composition en amino-acides de leurs caryopses. *Candollea* 44 (1) : 175-180.
- BOURREIL, P. J. L. & GAYDOU, E. M., 1990. — Contribution à l'étude chimiotaxonomique des tribus et groupes de la famille des Graminées à partir de la composition en amino-acides de leurs caryopses. *Mitt. Inst. Allg. Bot. Hamburg*, Band 23 b : 561.
- BOURREIL, P. J. L., GHIGLIONE, C., GIRAUD, M., MARCHIS-MOUREN, G. & GAYDOU, E. M., 1991. — Contribution à l'étude biochimique des Caryopses de Graminées du genre *Stipagrostis* Nees, IV. *Bull. Mus. natl. Hist. nat.*, Paris, 4^e sér., 13, sect. B, *Adansonia*, n^{os} 1-2 : 95-108.
- BOURREIL, P., GHIGLIONE, C. & THINON, M., 1976. — Contribution à l'étude morpho-anatomique, biométrique et biochimique des caryopses de Graminées du genre *Stipagrostis* Nees - I. *Adansonia*, sér. 2, 16 (2) : 283-291.
- BOURREIL, P. J. L., NÈGRE, R., GHIGLIONE, C., GIRAUD, M., GAYDOU, E. M., VIANO, J. & GUENDE, G., 1992. — *Recherche sur les valeurs alimentaire et phytosanitaire, la rusticité des pâturages de la région PACA en vue de leur amélioration*. Rapport final du contrat PACA 86/00649000 PLA (financé par le Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur), 17 p. et 22 tabl.
- BREISTROFFER, M., 1963. — *Flore abrégée du Diois (Drôme)*. *Bull. Soc. Bot. France* (89^e sess. extr.) 110 : 42-143.
- COSTE, H., 1937. — *Flore descriptive et illustrée de la France*. Tome 3, Libr. Sc. & Arts, Paris, 807 p.
- DAUSSANT, J., MOSSE, J. & WAUGHAN, J., 1983. — *Seed proteins*. Acad. Press, London, 333 p.
- DE WINTER, B., 1965. — The south African *Stipeae* and *Aristideae* (*Gramineae*) : an anatomical, cytological and taxonomic study. *Bothalia* 8 (3) : 201-404.
- DUMORTIER, B. C. J., 1823. — *Observ. gram. Belg.*, 83 : 134.
- DURZAN, D. J. & CHALUPA, V., 1968. — Free sugars, amino-acids, and soluble proteins in the embryo and female gametophyte of jack pine as related to climate at the seed source. *Canad. J. Bot.* 46 : 417-428.
- DUVIGNEAUD, P., 1984. — *La synthèse écologique*. 2^{ème} éd., Doin, 380 p.
- FAO/OMS, 1973. — *Besoins énergétiques et besoins en protéines*. Réunions de la FAO sur la nutrition, n^o 52. Série de Rapports Techniques OMS n^o522. Rapport d'un comité spécial mixte FAO/OMS d'experts, 123 p.
- FLORA EUROPAEA, 1980. — Vol. 5. Cambridge Univ. Press, London, 452 p.
- FOURNIER, P., 1977. — *Les quatre flores de France*. 2^{ème} éd., Lechevalier, Paris, 1105 p.
- GENEVOIS, L., 1957. — *Traité de chimie biologique*. Tome 1. P.U.F., Paris, 325 p.
- GHIGLIONE, C., BOURREIL, P., PUGNET, T., GIRAUD, M. & RICHARD, M. L., 1975a. — Recherches morphologiques, physiologiques et biochimiques sur la diaspore des entités évolutives d'*Aristida rhiniochloa* Hochst., Graminée africaine. *Boissiera* 24 : 151-172.
- GHIGLIONE, C., BOURREIL, P., LAZARIDES, M. & RICHARD, M. L., 1975b. — Première étude biochimique des caryopses de 2 espèces australiennes du genre *Aristida* L. ; Parallèle avec *Aristida rhiniochloa*, Graminée africaine. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 281 : 451-454.
- GILLET, H., 1968. — La végétation du massif de l'Ennedi (Nord-Tchad). *Mém. Mus. Natl. Hist. Nat.*, B, Bot., 206 p, 33 pl.
- GUINOCHET, M. & de VILMORIN, R., 1978. — *Flore de France*. Fasc. 3, C.N.R.S., Paris, 1199 p.

- HUBBARD, C. E., 1960. — in BOR. : *The grasses of Burma, Ceylon, India, and Pakistan*. Oxford, Pergamon Press, p. 685.
- JACQUES-FÉLIX, H., 1958. — Notes sur les Graminées d'Afrique tropicale. XII (structure foliaire, écologie et systématique). *J.A.T.B.A.* ; 5 (12) : 809-825.
- JACQUES-FÉLIX, H., 1962. — *Les graminées (Poaceae) d'Afrique tropicale*. I.N.R.A.T.C.V., 345 p.
- KERGUELEN, M., 1975. — *Les Gramineae (Poaceae) de la flore française*. Essai de mise au point taxonomique et nomenclaturale. *Lejeunia*, nouv. sér., 75 : 1-343.
- KERGUELEN, M., 1993. — *Index synonymique de la flore de France*. Mus. Nat. Hist. Nat. Paris, 196 p.
- LAZARIDES, M., 1970. — *The grasses of Central Australia*. Austr. Nat. Univ. Press, Canberra, 282 p.
- MIÈGE, J., 1975. — Les protéines des graines en taxonomie et phylogénie végétales, in *Les protéines des graines (genèse, nature, fonctions, domaines d'utilisation)*. Conserv. et Jard. Bot. Genève, 385 p.
- MILTON MOORE, R. (éd.), 1975. — *Australian grasslands*. Austr. Nat. Un. Press, Canberra, 455 p.
- MOLINIER, R., 1959. — L'excursion en Provence de la Société Internationale de Phytosociologique. *Vegetatio* VIII (5/6) : 341- 383.
- MOLINIER, R., 1972. — Apports et réflexions relatifs à la Flore Provençale. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, XXXII : 5-51.
- MOLINIER, R., 1981. — *Catalogue des Plantes Vasculaires des Bouches-du-Rhône* (ouvrage publié à titre posthume avec la participation de PAUL MARTIN). Imprimerie municipale de Marseille, 375 p.
- PEARSON, E. S. & HARTLEY, H. O., 1976. — *Biometrika tables for statisticians*, Tome 1, Lowe & Brydone, Norfolk, 270 p.
- RATTRAY, J. M., 1960. — *Tapis graminéen d'Afrique*. Etudes agricoles de la F.A.O., n° 49, 170 p.
- REEDER, J. R., 1957. — The embryo in Grass systematics. *Amer. J. Bot.* 43 : 890-905.
- REEDER, J.R., 1961. — Affinities of *Stipa* and *Aristida*. Abstract of paper presented at meetings of Bot. Soc. of Amer. at Purdue Univ. *Amer. J. Bot.* 48 : 549.
- RENVOIZE, S.A., 1981. — The subfamily *Arundinoideae* and its position in relation to a general classification of the *Gramineae*. *Kew Bull.* 36 : 85-102.
- RENVOIZE, S.A., 1985. — A survey of leaf - blade anatomy in grasses. VI, *Stipeae*. *Kew Bull.* 40 : 731-36.
- SEMIKHOV, V. F., KALISTRATOVA, O. A. & AREFJEVA, L. P., 1978. — Biochemical evolution of the tribe *Stipeae (Poaceae)*. *Bot. J. Leningrad* 63 (6) : 812-826.
- TSVELEV, N. N., 1983. — *Grasses of the Soviet Union*. Part.II. Amerind Publ., 60. Pvt. Ltd., New Delhi, 1196 p.
- VAN TIEGHEM, P., 1897. — Morphologie de l'embryon et de la plantule chez les Graminées et les Cypéracées. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, sér. 8, 3 : 259-309.
- VERNIN, G. & METZGER, J., 1981. — La chimie des arômes : les hétérocycles. *Bull. Soc. Chim. Belg.* 90 (6) : 553-588.
- WATSON, L., CLIFFORD, H. T. & DALLWITZ, M. Y., 1985. — The classification of *Poaceae* : subfamilies and supertribes. *Austral. J. Bot.* 33 : 433-484.
- YEOH, H. H. & WATSON, L., 1987. — Taxonomic patterns in protein amino-acid profiles of grass leaves and caryopses, pp. 88-96 in *Grass systematics and evolution*. International Symposium, Smithsonian Institution Washington, D.C., 27-31 July 1986, 472 p.